

СЕКЦІЯ №1 — ЕКОНОМІКА ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ПРИЛАДІВ.

УДК 332.87+ 004.021

О. Ю. Білоус, студент гр. ПГ-91мн, О. М. Павловський к.т.н., доц.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

СТРУКТУРА МЕРЕЖІ ПРИСТРОЇВ СИСТЕМИ SMART HOME НА ОСНОВІ ПРОТОКОЛУ ZIGBEE

Анотація. Сучасна автоматизація систем типу Smart Home передбачає використання великої кількості пристроїв у межах однієї системи та необхідність подальшої взаємодії цих пристроїв. Для цього використовують різноманітні протоколи передачі даних, такі як ZigBee та Wi-Fi. У даній роботі розглянута загальна схема мережі Smart Home, що надає можливість взаємодії різних протоколів в межах однієї системи, та основні принципи побудови та адресації пристроїв сітчастої мережі ZigBee.

Ключові слова: Smart Home, протокол, ZigBee, mesh, мережа, датчики, автономне живлення, топологія, адресація мережі, кластери.

ВСТУП ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Наразі Розумний Дім (Smart Home) є актуальною технологією, що набирає свою популярність і з кожним роком збільшує свою частку на ринку [1]. Однією з основних задач Smart Home є взаємодія пристроїв та датчиків, більшість з яких є автономними та мають свої незалежні джерела живлення. Для таких пристроїв виникає необхідність створювати мережу, що дає можливість кінцевим пристроям перебувати у «режимі сну», взаємодіяти один з одним без залучення координатора, мати невеликі затримки, та гнучку архітектуру. Всі ці потреби може задовольнити протокол ZigBee [2].

Отже, метою даної роботи є формування загальної архітектури взаємодії підмережі ZigBee та системи Smart Home, а також надання загальних рекомендації щодо створення мережі ZigBee.

ІСНУЮЧІ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ SMART HOME З ВИКОРИСТАННЯМ ZIGBEE

На сьогоднішній день більшість хабів Smart Home, що доступні на ринку, підтримують мережевий протокол ZigBee, але мають ряд недоліків. Здебільшого, для підключення доступні лише пристрої ZigBee тієї фірми, що створювала хаб, а кількість цих пристроїв обмежена до 32. Це зумовлено тим, що не дивлячись на загальні вимоги до протоколу, кожен виробник реалізує його індивідуально, виходячи з власних потреб, і як наслідок, існує декілька досить різних варіантів стандарту та профілів передачі даних [3].

У роботі [4] було запропоновано використовувати ZigBee як єдиний протокол Smart Home. При цьому мережа за допомогою шлюзу з'єднується з хмарними сервісами. Основним недоліком такого підходу є відсутність можливості під'єднання пристроїв, що не підтримують ZigBee. Отже до подібної системи необхідно додати хаб, що здатен виконувати деякі обчислення безпосередньо у будинку і бути посередником між пристроями, які використовують різні протоколи зв'язку.

Автори роботи, що наведені в [5], реалізували автоматизацію однієї кімнати Smart Home на основі протоколу з ZigBee з використанням мережевого шлюзу та універсального хабу. Із недоліків запропонованої реалізації можна виокремити наступні: топологією мережі є «дерево», тож при відмові одного з

ключових вузлів (наприклад при розрядженні акумулятора) частина мережі може перестати надсилати дані до шлюзу; всі дані мають проходити попередню обробку у шлюзі, який має малу швидкодію і об'єм пам'яті.

ЗАГАЛЬНА СТРУКТУРА МЕРЕЖІ SMART HOME

Для досягнення поставленої мети була розроблена структурна схема функціонування вузлів підмережі ZigBee у системі Smart Home, що наведена на рис. 1. Взаємодія різних протоколів, додатків, мережі інтернет і т.д. відбувається через хаб U0 – певний мікрокомп'ютер (наприклад Raspberry PI), на якому встановлене програмне забезпечення хабу Smart Home. Прикладом такого програмного забезпечення може бути OpenHub чи HomeAssistant.

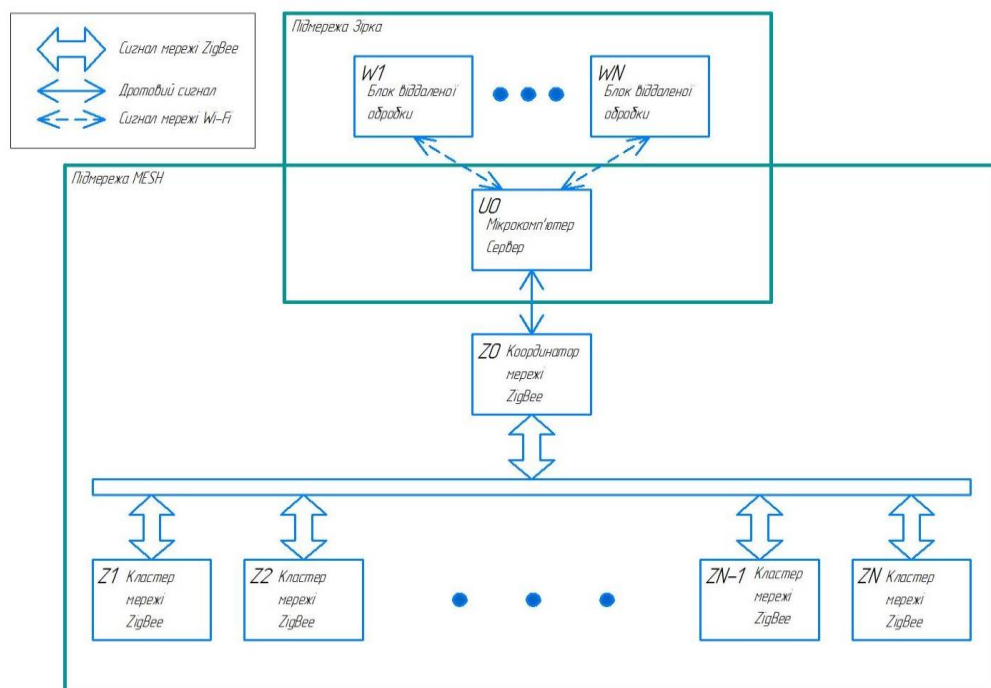


Рис 1. Загальна структура мережі ZigBee

Для взаємодії з підмережею ZigBee до блоку U0 підключається блок Z0 - координатор ZigBee. Хоча він є єдиною точкою взаємодії з хабом, при відмові Z0 чи U0 підмережа ZigBee може працювати автономно.

Сама мережа ZigBee складається з так званих «кластерів». Кластери можуть утворюватися як декількома пристроями, що під'єднані до одного передавача, так і декількома передавачами, що тісно взаємодіють між собою.

Також до U0 можуть бути підключені інші підмережі, такі як Wi-Fi (блоки W1...WN). Хаб дозволяє передавати дані з однієї підмережі до іншої. Додатково U0 можна використовувати для доступу до хмарних сервісів.

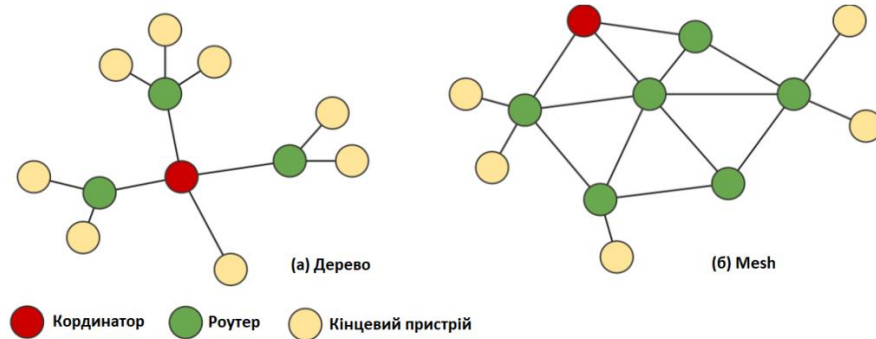
При використанні протоколу ZigBee кожен вузол має 2 адреси: 64-бітна розширена адреса IEEE, що запрограмована в контролер вузла, та коротка 16-бітна адреса PAN, що виступає у ролі унікального ідентифікатора мережі.

Мережа ZigBee має пристрої, що виконують три основні ролі [2]:

- Координатор — це координатор IEEE 802.15.4 PAN адрес. Він дозволяє мережі працювати режимі mesh.

- Роутер — це пристрій, який може виконувати роль маршрутизації IEEE 802.15.4. Використовує топологію «дерево» та довгі адреси пристроїв.
- Кінцевий пристрій — це пристрій, який не є ні координатором, ні маршрутизатором.

Основні види топології, що використовує ZigBee вказані на Рис. 2.



Існує два основні алгоритми адресації в межах протоколу ZigBee[6].

Алгоритм **Cluster-Tree**: за допомогою обдуманого вибору довгих адрес він допомагає встановлювати логічні зв'язки між батьківськими та дочірніми вузлами, що пришвидшує маршрутизацію у мережі. Відповідно до нього адреса кожного вузла в мережі призначається батьківським вузлом за допомогою схеми розподіленого розподілу адрес [5]. У результаті мережа приймає форму дерева.

Недоліками такого підходу є:

- Випадок коли батьківський вузол виходить з ладу, то доступ втрачається до всіх «дітей».
- Якщо два пристрої знаходяться в зоні доступу одне одного, але не є «батьком» та «дитиною», то зв'язок між ними буде виконуватись через посередників, що збільшує затримки у мережі.
- Під час додавання нових кластерів до дерева може виникнути ситуація, при якій дерево стає зовеликим у «глибину» і його треба переорієнтовувати.

Алгоритм **AODVjr**: створює для кожного пристрою таблицю адресації через PAN адреси пристроїв. Таблиця створюється лише для тих пристроїв, до яких виконується запит [6].

Основні мінуси:

- Можливість виникнення «штормів», коли забагато пристроїв одночасно шукають маршрут до потрібного вузлу і мережа не може ефективно відпрацьовувати усі запити.
- Необхідність проходження подвійного шляху між вузлами.
- Маршрут з одного вузла до іншого в один бік може бути в оптимальним, а в інший — ні.

Пропоноване поєднання Cluster-Tree та AODVjr:

- Різні алгоритми використовуються для різних «мап». Наприклад у коридорах та для спілкування між кімнатами використовується

швидший Cluster-Tree, а для спілкування у межах однієї кімнати, у якій немає бар'єрів – AODVjr.

- Уся мережа є Cluster-Tree, але при маршрутизації перевіряється чи є шуканий пристрій у таблицях маршрутизації AODVjr вузлу, і якщо він є, то алгоритм Cluster-Tree припиняє свою роботу, а алгоритм AODVjr починає.

ВИСНОВКИ

У даній роботі були розглянуті основні аспекти побудови підмережі ZigBee системи Smart Home, а саме: інтеграція ZigBee у загальну мережу Smart Home та принципи адресації, що використовує ZigBee. Також була запропонована концепція поєднання алгоритмів адресації ZigBee для Smart Home, що не потребує суттєвого доопрацювання протоколу. Надалі необхідно розв'язати наступні проблеми: відсутність резервування хабу Smart Home, принципи взаємодії пристроїв ZigBee та зберігання зібраної ними інформації при відсутності підключення до хабу, подальше вдосконалення алгоритмів маршрутизації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Statista. 2020. Smart Home – Worldwide. *Statista Market Forecast*. Режим доступу: <https://www.statista.com/outlook/283/100/smart-home/worldwide> (дата звернення: 20.11.2020)
- [2] ZigBee Specification. ZigBee Document – 05-3474-21, 2015 р. Режим доступу: <https://zigbeealliance.org/wp-content/uploads/2019/11/docs-05-3474-21-0csg-zigbee-specification.pdf> (дата звернення: 20.11.2020)
- [3] Білоус, О. Ю. Алгоритми та протоколи взаємодії пристроїв системи Smart Home / О. Ю. Білоус, О. М. Павловський // XIII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 13-14 травня 2020 р., м. Київ, Україна : збірник праць конференції. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С. 18–20. – Бібліогр.: 4 назви.
- [4] Soliman M., Abiodun T., Hamouda T., Zhou J., Chung-Horng L. Smart Home: Integrating Internet of Things with Web Services and Cloud Computing. *IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science*. Vol. 2, 3-6 Dec. 2013. Bristol, United Kingdom: IEEE, 2013. P. 317-320
- [5] Byun J., Jeon B., Noh J., Kim Y., Park S. An intelligent self-adjusting sensor for smart home services based on ZigBee communications. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*. 2012. Vol. 58, No. 3. P. 794-802.
- [6] Jianpo L., Xuning Z., Ning T., Jisheng S. Study on ZigBee Network Architecture and Routing Algorithm. *2nd International Conference on Signal Processing Systems (ICSPPS)*. 5-7 Jul. 2010. Dalian, China: IEEE 2010. №2. P. 389-393.

Наук. керівник – к.т.н., доц, Павловський О. М.